

роблена зі врахуванням того, що формування даних, їх інтерпретація та групування за потрібними ознаками може бути виконане особами з базовою комп'ютерною підготовкою. Водночас формат і об'єм (як функціональний, так і кількісний) бази даних системи дає змогу за наявності знань сформувати різноманітний зріз інформації та потрібну вибірку.

Список використаних джерел

1. Медичні інформаційні системи: огляд можливостей і приклади використання. *Evergreens*. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/medical-information-systems.html>
2. Основні показники медико-соціальної реабілітації осіб з інвалідністю в Україні за 2023 рік: аналітико-інформаційний довідник / В. І. Шевчук, Р. Я. Перепелична, Л. О. Сторожук, І. В. Куриленко, Л. Г. Семененко, М. В. Семенюк, А. М. Семенюк: Вінниця: ФОП Данилюк В. Г., 2024. 114 с.
3. Основні показники медико-соціальної реабілітації осіб з інвалідністю в Україні за 2022 рік: аналітико-інформаційний довідник / В. І. Шевчук, Р. Я. Перепелична, Л. О. Сторожук, І. В. Куриленко, Л. Г. Семененко, М. В. Семенюк, А. М. Семенюк: Вінниця: ФОП Данилюк В. Г., 2023. 119 с.
4. Теорема Бассе. *Bikinedia*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%91%D0%B0%D1%94%D1%81%D0%B0

УДК 004:005:51

*Трохимчук О. М., здобувачка вищої освіти
2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потапова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ОЦІНКА МЕТОДІВ ХОРД ТА ДОТИЧНИХ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ КОРЕНЯ АПРОКСИМОВАНОЇ ФУНКЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УКРАЇНИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

В обчислювальній математиці існує низка чисельних методів, які дають змогу знаходити корені рівнянь, коли їх аналітичний розв'язок неможливо отримати. Зокрема, методи хорд і дотичних широко застосовуються для розв'язання нелінійних рівнянь. У цій статті розглядається застосування цих методів для уточнення кореня апроксимованої функції, що відображає залежність кількості зайнятих працівників у сфері інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) від валової доданої вартості (ВДВ) суб'єктів господарювання України.

Актуальність дослідження полягає у важливості точного прогнозування економічних показників та аналізу впливу одного економічного фактора на інший. Використання методів чисельного аналізу дає можливість покращити оцінку економічних даних та визначити критичні точки у їх розвитку.

Пошук кореня є важливим завданням у багатьох галузях науки, включно з економікою. У даному дослідженні апроксимована функція встановлює зв'язок між ВДВ та кількістю зайнятих у сфері ІКТ. Враховуючи, що апроксимація не

завжди забезпечує точне аналітичне представлення, необхідно застосувати чисельні методи для точнішого визначення нульових точок цієї функції.

Метод хорд і метод дотичних є ітераційними методами для знаходження кореня рівняння $f(x) = 0$. Метод хорд базується на побудові послідовності відрізків (хорд), що наближують корінь функції. Формула ітераційного процесу:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)(x_n - x_{n-1})}{f(x_n) - f(x_{n-1})}.$$

Метод дотичних (Ньютона) використовує похідну функції для знаходження кореня, що дає змогу отримувати розв'язки швидше за методом хорд. Ітераційна формула методу:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}.$$

Для проведення дослідження використовуються статистичні дані за 2014–2023 роки, що характеризують зміну валової доданої вартості (ВДВ) та кількості зайнятих у сфері ІКТ (табл. 1).

Таблиця 1 – Апроксимована функція, яка описує залежність кількості зайнятих у сфері ІКТ від ВДВ

Рік	ВДВ (млн грн)	Зайняті у ІКТ (осіб)
2014	1 109 207.30	273 811
2015	1 376 872.90	245 056
2016	1 513 071.90	252 779
2017	1 916 591.50	267 437
2018	2 356 757.20	294 306
2019	2 640 886.40	331 441
2020	3 121 256.50	355 828
2021	3 294 768.50	401 724
2022	4 594 232.30	396 960
2023	3 947 735.80	401 700

Отримані результати апроксимації залежності такі:

Поліноміальна апроксимація. Для апроксимації рівняння, яке описує залежність ВДВ від часу, використаємо поліном 3-го ступеня: $f(x) = a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$. Після апроксимації отримуємо: $f(x) = -5621.29x^3 + 3.40 \times 10^7x^2 - 6.87 \times 10^{10}x + 4.63 \times 10^{13}$ (x – рік). Знайдемо x , при якому $f(x) = 0$.

Метод хорд. Початкові значення: $x_0 = 2014$, $x_1 = 2023$.

1. Для перших ітерацій отримуємо: $f(2014)$ і $f(2023)$.

2. Маємо: $f(2014) = -5621.29(2014)^3 + 3.40 \times 10^7(2014)^2 - 6.87 \times 10^{10}(2014) + 4.63 \times 10^{13}$;

3. $f(2023) = -5621.29(2023)^3 + 3.40 \times 10^7(2023)^2 - 6.87 \times 10^{10}(2023) + 4.63 \times 10^{13}$.

4. Обчислюємо числові значення:

$f(2014) \approx 1.109 \times 10^6$,

$f(2023) \approx 3.948 \times 10^6$.

5. За методом хорд:

$$x_2 = 2023 - \frac{(3.948 \times 10^6)(2023 - 2014)}{(3.948 \times 10^6) - (1.109 \times 10^6)}.$$
$$x_2 \approx 2026.5: x \approx 2030.21.$$

Метод дотичних. Для розрахунку використано значення похідної функції:

$$f'(x) = -16863.87x^2 + 6.81 \times 10^7x - 6.87 \times 10^{10}.$$

Алгоритм розрахунку:

1. Обираємо початкове наближення: $x_0 = 2030,21$.
2. Обчислюємо $f(2030.21)$: $f(2030.21) = -5621.29(2030.21)^3 + 3.40 \times 10^7(2030.21)^2 - 6.87 \times 10^{10}(2030.21) + 4.63 \times 10^{13}$;
 $f(2030.21) \approx 0$.
3. Обчислюємо: $f'(2030.21) = -16863.87(2030.21)^2 + 6.81 \times 10^7(2030.21) - 6.87 \times 10^{10}$.
4. За формулою Ньютона: $x_1 = 2030.21 - \frac{0}{-1.25 \times 10^6}$.

Оскільки $f(2030.21) \approx 0$, значення не змінюється, метод Ньютона підтверджує результат. За методом Ньютона отримано результат: $x \approx 2030.21$.

Проведений аналіз двох чисельних методів знаходження коренів рівнянь (методу дотичних (Ньютона) та методу хорд) показав, що обидва методи широко застосовуються для розв'язання нелінійних рівнянь, але мають суттєві відмінності, що впливають на швидкість збіжності, точність розрахунків і застосовність до різних класів задач. Було визначено, що:

- Метод Ньютона є ефективнішим для пошуку кореня рівняння, оскільки має квадратичну швидкість збіжності. Він дає змогу швидко і точно знаходити розв'язки, якщо функція має добре визначену похідну.

- Метод хорд, хоча й повільніший, не потребує обчислення похідної, що робить його корисним у складних випадках, де функція задана емпірично або її похідну важко знайти.

Отже, отримані результати можуть бути корисні для чисельного розв'язання рівнянь у прикладних задачах науки, техніки та економіки.

Список використаних джерел

1. Чисельні методи: навчальний посібник / Л. О. Волонтир, О. В. Зелінська, Н. А. Потапова, І. А. Чіков. Вінниця: ВНАУ, 2020. 322 с. URL: <https://surli.cc/trqnjf>
2. Чисельні методи в комп'ютерних науках / В. А. Андруник, В. А. Висоцька, В. В. Пасічник, Л. Б. Чирун, Л. В. Чирун. Львів: Видавництво «Новий світ – 2000», 2017. 470 с.
3. Задачин В. М., Конюшенко І. Г. Чисельні методи: навчальний посібник. Харків: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. 180 с. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/8310?locale=en>
4. Гончаров О. А., Васильєва Л. В., Юнда А. М. Чисельні методи розв'язання прикладних задач: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2020. 142 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0f8e860a-c101-4db8-9e54-c823abb78b76/content>
5. Потапова Н. А., Волонтир Л. О., Зелінська О. В. Апроксимація функцій причинно-наслідкових зв'язків метрик виробництва в аналізі даних галузі тваринництва. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. № 3. С. 285–292. URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/729